

## Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln – Das Erlanger Schülerforschungszentrum (ESFZ) für Bayern

Angela Fösel<sup>1</sup>, Gisela Anton<sup>2</sup>, Monika Christl<sup>3</sup>, Jürgen Durst<sup>2</sup>, Iris Schreiner<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Didaktik der Physik, FAU Erlangen-Nürnberg - [angela.foesel@physik.uni-erlangen.de](mailto:angela.foesel@physik.uni-erlangen.de); <sup>2</sup>ECAP, FAU Erlangen-Nürnberg - [gisela.anton@physik.uni-erlangen.de](mailto:gisela.anton@physik.uni-erlangen.de) und [juergen.durst@physik.uni-erlangen.de](mailto:juergen.durst@physik.uni-erlangen.de); <sup>3</sup>Jugend Forscht, Bayern - [monikachristl@yahoo.de](mailto:monikachristl@yahoo.de); <sup>4</sup>Schüler Experimentieren, Bayern, [iris.schreiner@t-online.de](mailto:iris.schreiner@t-online.de)

### Kurzfassung

Unter dem Motto „Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln“ wurde im Frühjahr 2009 an der Universität Erlangen-Nürnberg das Erlanger Schülerforschungszentrum (ESFZ) für Bayern gegründet. Das ESFZ (→ <http://www.esfz.physik.uni-erlangen.de>) bietet eine besondere Förderung für Schüler, die sich für Naturwissenschaft und Technik interessieren. Anders als viele andere Förderinitiativen setzt das ESFZ voll und ganz auf die Initiative und Kreativität der Teilnehmer: Die Schüler kommen für eine Woche zu einem Forschungscamp nach Erlangen und führen während dieser Zeit Projekte durch, die sie sich selbst ausgedacht haben. Viele Schüler wollen mit ihrer Arbeit an Wettbewerben wie „Jugend Forscht“ teilnehmen. Die Universität Erlangen stellt für das ESFZ die Räume und Ausstattung des „Projektpraktikums“ zur Verfügung, einer in Deutschland einmaligen Form des Grundpraktikums für Studierende der Physik. Zusätzlich zu der damit gegebenen hervorragenden Ausstattung an Geräten und Methoden stehen ehemalige Studierende des Projektpraktikums als Betreuer bereit, die die Aktivitäten der Schüler motiviert und kompetent unterstützen. Nachfolgend werden Ziele und Inhalte des ESFZ im Detail vorgestellt; über den Verlauf der ersten einhalb Jahre des Erlanger Schülerforschungszentrums wird berichtet.

### 1. Einleitung

In Schülerlaboren, wie man sie an Schulen wie auch an Hochschulen findet, werden Experimente in der Regel an fertigen Versuchsaufbauten durchgeführt und zudem meist nach Anleitung. Diese Aktivitäten sind durchaus sinnvoll und haben ihre Berechtigung. Jedoch sollten Schüler mit Interesse für Naturwissenschaft und Technik auch die Möglichkeit haben, Projekte durchzuführen, die sie sich *selbst* ausgedacht haben. Das Erlanger Schülerforschungszentrum **ESFZ** für Bayern bietet ein Umfeld für eine Realisierung dieser Projekte. Außerdem werden die Schüler, die alle mindestens 16 Jahre alt sind, ermuntert, mit ihrer Arbeit an Wettbewerben wie „Jugend Forscht“ teilzunehmen.

Nachfolgend sollen zunächst kurz die speziellen Eigenheiten unseres Konzepts erläutert werden – besondere Aspekte wie auch Risiken.

#### 1.1. Besondere Aspekte des Konzepts

Fördern wollen wir insbesondere das *Interesse von Schülern an Physik und Technik*. Dabei setzt das ESFZ voll und ganz auf die *Initiative* und *Kreativität* der Teilnehmer. Des Weiteren soll die *Kritikfähigkeit* verbessert werden, d.h. die Fähigkeit, Kritik zu üben wie auch anzunehmen und zu reflektieren. All

diese besonderen Aspekte sind wichtig bezogen auf eine naturwissenschaftlich-technische Förderung, stellen aber ebenso wesentliche Ziele im Rahmen eines jeden Erziehungsprozesses dar: Selbständig erarbeitete Inhalte werden tief greifend verarbeitet und langfristig gespeichert. Erfolgreiche Projekte führen zu einer langfristigen Motivation für Physik und Technik. Kreativität, Initiative und Kritikfähigkeit sind wesentlich für erfolgreiche Forschung (im späteren Berufsleben).

Es gibt aber auch Risiken, die eng mit dem Konzept des ESFZ, insbesondere mit der Idee des „offenen Forschens und Tüftlens“, verbunden sind.

#### 1.2. Risiken des Konzepts

Es kann *Frustration* auftreten, wenn ein Projekt nicht wie erwartet verläuft, und ebenso *Desillusionierung*, wenn die Schüler zur Einsicht gelangen, dass Forschen nicht immer nur Spaß macht. Zu viel Frustration schließlich kann zur *Demotivation* führen. In einer abschließenden Diskussion (vgl. Kapitel 4) werden insbesondere diese Risiken erneut betrachtet.

Im Folgenden wird die Ausstattung, die dem ESFZ zur Verfügung steht, vorgestellt.

## 2. Ausstattung des Erlanger Schülerforschungszentrums

Seit 1999 bietet die Universität Erlangen für Studierende des Fachs Physik eine in Deutschland einmalige Form des Grundpraktikums an: Im dritten Semester kann anstelle des Standard-Praktikums wahlweise das sogenannte „Projektpraktikum“ **PP** absolviert werden. Dabei bilden sechs Studierende und ein Tutor zusammen ein Team, dessen Aufgabe es ist, vier Projekte durchzuführen. Der wesentliche Unterschied im Vergleich zu „herkömmlichen“ Grundpraktika besteht darin, dass die Ideen für die Forschungsprojekte von den Studierenden selbst kommen und dass die Experimentiertische leer, die Schränke hingegen voll mit Experimentiermaterial sind.

Das Projektpraktikum ist ausgestattet mit *sieben Experimentierräumen*, insbesondere einem Dunkelraum, einem Raum mit schwingungsgedämpften Tischen, einem Raum für Experimente, die der Strahlenschutzverordnung unterliegen, und einem Raum für Experimente, bei denen Laserschutzbestimmungen einzuhalten sind.

In einem jedem dieser Räume stehen den Studierenden *Computer* zur Verfügung und das *Computer Assisted Science System* (Messwerterfassungssystem) **CASSY** der Firma LD Didactic GmbH (→ <http://www.leybold-didactic.de/software/>) zur *Messwerterfassung*. Auch gibt es einen *Seminarraum* mit einer kleinen *Bibliothek*. Eine umfangreiche Ausstattung an Geräten ist in zwei eigens dafür vorgesehenen *Lagern* untergebracht. Eine *kleine Werkstatt* ist im Projektpraktikum vorhanden und kann von den Studierenden eigenständig genutzt werden. Ebenso ist es möglich, die *Mechanikwerkstatt* und die *Elektronikwerkstatt* des Departments für Physik in Anspruch zu nehmen.

Die Universität Erlangen stellt für das ESFZ die Räume und Ausstattung des „Projektpraktikums“ zur Verfügung.

Die Forschungsprojekte der Schüler werden im Rahmen sogenannter *Forschungscamps* durchgeführt.

## 3. Forschungscamps des Erlanger Schülerforschungszentrums

Die Schüler kommen für eine Woche während ihrer Schulferien nach Erlangen und nehmen an einem Forschungscamp teil. Wie bereits mehrfach hervor-

gehoben, stammen die Ideen für ihre Projekte dabei von ihnen selbst. Während einige von ihnen bereits mit nahezu ausgearbeiteten Projektideen anreisen, nutzen andere erst vor Ort die Gelegenheit, sich eingehend per Diskussion auszutauschen und sich erst dann mit einer Thematik tiefer gehend auseinander zu setzen. Es gibt „einsame Wölfe“ ebenso wie Gruppen von bis zu vier Schülern, die zusammen arbeiten. Die Forschungsarbeiten finden in den Räumen des Projektpraktikums statt und dauern gewöhnlich täglich von 9 h bis 19 h. Entscheidend für ein gutes Gelingen der Forschungscamps ist nicht nur die Tatsache, dass bezüglich der Gerätschaften und der Methoden exzellente Möglichkeiten vorhanden sind, sondern insbesondere, dass ehemalige Studierende und Teilnehmer des Projektpraktikums den Schülern gegenüber als Tutoren agieren, die Schüler motivieren und ihnen kompetent helfen. Außerdem leisten, sofern von den Schülern gewünscht, Professoren und Wissenschaftler der Universität fachspezifische Unterstützung. Die Schüler sind in der Erlanger Jugendherberge untergebracht, gehen mittags gemeinsam in die Mensa der Universität und essen abends zusammen in Restaurants in der Innenstadt. Das ESFZ trägt die Kosten für das gesamte Forschungscamp außer für An- und Abreise. Einige der Projekte werden innerhalb der einen Woche abgeschlossen, viele jedoch sind über einen längeren Zeitraum hinweg angelegt und werden zuhause fertig gestellt, oder die Studierenden können zur Fortführung in der nächsten Campwoche wieder kommen oder zwischen zwei Camps.

Es mögen die *Fragen* aufkommen: Wie machen wir auf das ESFZ bzw. auf die Forschungscamps aufmerksam und aus welchem Einzugsbereich kommen die Schüler? Wie kann man sich den Ablauf eines Camps vorstellen? Worum geht es in einem „typischen“ Projekt?

### 3.1. Anwerben von Schülern für die Forschungscamps

Getreu dem Motto „Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln“ machen wir für das Erlanger Schülerforschungszentrum bzw. für die Forschungscamps „Werbung“. Wir kontaktieren Gymnasien in Bayern ebenso wie ehemalige und aktuelle Teilnehmer an Wettbewerben mit Schwerpunkt auf Naturwissenschaft und Technik. Unten stehende Abbildungen (Abb. 1 und Abb. 2) zeigen die aktuelle Version des *ESFZ-Flyers*.



**Abb. 1:** Flyer für das ESFZ und die Forschungscamps, Vorderseite.



**Abb. 2:** Flyer für das ESFZ und die Forschungscamps, Rückseite.

### 3.2. Termine der bisherigen Forschungscamps und Heimatorte der Teilnehmer

Tabelle 1, unten stehend, zeigt die *Termine der bis einschließlich Mai 2010* im Rahmen des Erlanger Schülerforschungszentrums durchgeführten *Forschungscamps*:

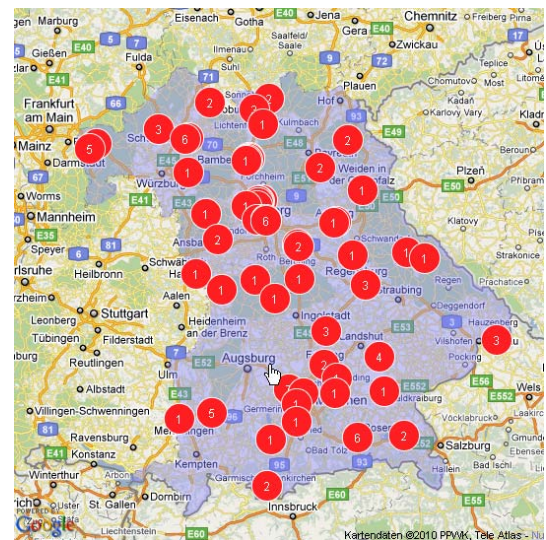
23. – 27.02.2009	(Faschingsferien)
14. – 18.04.2009	(Osterferien)
07. – 11.09.2009	(Sommerferien)
02. – 06.11.2009	(Herbstferien)
15. – 19.02.2010	(Faschingsferien)
06. – 10.04.2010	(Osterferien)

**Tab. 1:** Termine der bis einschließlich Mai 2010 durchgeführten Forschungscamps.

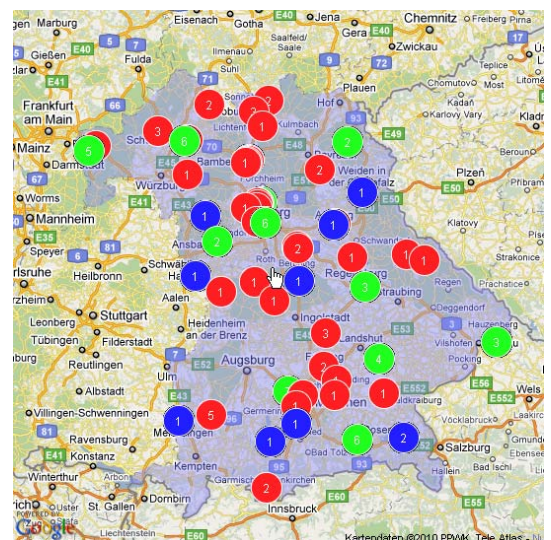
Insgesamt gab es bislang etwa 120 Teilnehmer aus 50 Gymnasien (und einer Firma). Die Bewerber/Teilnehmer kamen dabei aus ganz Bayern. Wir müssen regelmäßig aus den Bewerbern auswählen, da wir adäquat nur mit maximal 28 Schülern gleichzeitig in den Räumen des Projektpraktikums arbeiten können. Im Februar 2009 beispielsweise nahmen wir 28 der 38 Bewerber in das Forschungscamp auf, im April 2009 waren es 22 aus 26. Die Entscheidung – basierend auf einer schriftlichen Bewerbung der Kandidaten (vgl. dazu auch Kapitel 3.4) – fiel aufgrund von Überlegungen wie den diesen:

- Können wir die vorgeschlagenen Projekte adäquat betreuen?
- Passen die Kandidaten gut zusammen?
- Wird es – von April 2009 an - im Forschungscamp eine ausreichende Anzahl an ehemaligen und damit auch erfahrenen Teilnehmern geben, die helfen, die Idee des ESFZ mit umzusetzen?

Abb. 3 zeigt die *Heimatorte der Teilnehmer*. Die Anzahl der einzelnen Teilnehmer je Stadt ist dabei ausgewiesen. Abb. 4 unterscheidet zwischen Teilnehmern früherer Forschungscamps (*rot*), Schülern, die im Forschungscamp im April 2010 und in früheren Camps teilgenommen haben (*grün*), und schließlich Schülern, die zum aller ersten Mal bei einem Forschungscamp im April 2010 dabei waren (*blau*).



**Abb. 3:** Heimatorte der Teilnehmer insgesamt.



**Abb. 4:** Heimatorte der Teilnehmer, differenzierte Ansicht.



### 3.3. Ablauf eines Forschungscamps

Wie schon erwähnt, treffen einige der Schüler bereits mit nahezu ausgearbeiteten Projektideen im Forschungscamp ein, wohin gehend andere erst vor Ort die Gelegenheit nutzen, sich eingehend per Diskussion auszutauschen und sich erst dann mit einer Thematik tiefer gehend auseinander zu setzen. Als ein Beispiel für erstere Variante sei das Projekt „Wasserstrahl trifft Uhrglas“ genannt, für letztere Option „Entwicklung und Bau einer Glühlampe“. Beide Forschungsprojekte werden im nächsten Kapitel (vgl. Kapitel 3.4) eingehend vorgestellt.

Im Verlauf des ersten Tages planen die Schüler den Arbeitsablauf, der mit ihrem Projekt verbunden sein wird, und erste Tätigkeiten werden begonnen. Die Tutoren helfen durch „in Frage stellen“.

Die nächsten Tage arbeiten die Schüler an ihren Projekten. Fehlende Gerätschaften werden – wo immer möglich – von anderen Instituten ausgeliehen. Mechanische und elektronische Bauteile, die für die jeweiligen Projekte benötigt werden, werden in der Mechanik- und Elektronikwerkstatt des Departments für Physik hergestellt; Grundlage bilden dabei immer Zeichnungen, die die Schüler selbst anfertigen, oder Diskussionen, die die Campteilnehmer als eigenständige Forscher mit den Mitarbeitern der Werkstätten führen. Die Tutoren helfen bei Diskussionen zum fachwissenschaftlichen Hintergrund, und sie ermutigen ebenso die Schüler, Literaturrecherche bezüglich grundlegender Ideen ihres jeweiligen Projekts zu betreiben. Außerdem geben sie Tipps zum geeigneten experimentellen Aufbau, helfen den Schülern bei der Auswahl geeigneter Messgeräte sowie bei deren Bedienung. Schließlich geben die Tutoren Hilfestellung bei der Auswertung und Interpretation der Messergebnisse. Manchmal sind auch kleine „Tutorials“ von Nöten, insbesondere, wenn mathematische Spezialkenntnisse benötigt werden, die aus dem laufenden Schulunterricht heraus noch nicht bekannt sind. Wird es von den Schülern gewünscht, geben auch Professoren und Wissenschaftler der Universität fachspezifische Unterstützung.

Am letzten Tag des Forschungscamps präsentiert ein jedes Team sein Projekt (vgl. Abb. 5), anschließend werden die Praktikumsräume aufgeräumt.

Viele Projekte, die während eines Forschungscamps begonnen werden, werden nicht in selbigem beendet. Die Schüler können dann gerne zum nächsten Camp wieder kommen oder zu einem anderen zuvor vereinbarten Termin.



Abb. 5: Abschlusspräsentation der Projekte.

### 3.4. Von der kreativen Idee zum Projekt – zwei Beispiele

Im Folgenden sollen die beiden Beispiele „Wasserstrahl trifft Uhrglas“ (hydromechanische Untersuchungen) und „Entwicklung und Bau einer Glühlampe“ näher betrachtet werden, um insbesondere den Weg von einer kreativen Idee zu einem faszinierenden Projekt aufzuzeigen.

#### 3.4.1. Hydromechanische Untersuchungen: „Wasserstrahl trifft Uhrglas“

Unten stehende Abbildung (vgl. Abb. 6) zeigt einen Ausschnitt aus der schriftlichen Bewerbung eines Kandidaten für eines unserer Forschungscamps. Der Schüler meldete sich für das Camp an mit einer kreativen Forschungsidee: Er plante, die geometrische Form des Wassers zu untersuchen, die sich ausbildet, nachdem ein Wasserstrahl auf einen Löffel aufgetroffen ist.

Haben Sie schon Ideen für ein mögliches Projekt? In diesem Fall beschreiben Sie bitte kurz Ihre Idee:  
In Rahmen meiner Facharbeit im LK Physik möchte ich das Phänomen untersuchen, das  
sich beobachten lässt, wenn man in Spülbecken einen Löffel unter das fließende Wasser  
hält: es wölbt sich eine paraboloidförmige Glocke aus einem dünnen Wasserfilm.  
Der Versuchsaufbau besteht aus einem erhöht angebrachten Uhrglas (kann mit  
größeren/kleineren Gläsern ausgetauscht werden), auf das senkrecht ein Wasserstrahl  
trifft. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt darauf, Geschwindigkeit, Impuls und  
Zerlegung des Impulses beim Aufprall des Wasserstrahls zu bestimmen. Außerdem soll  
unter Anwendung der Gesetze des schrägen Wurfs in  $\vec{R}^3$  die Glockenform in Abhängigkeit  
von Uhrglaswölbung und -größe und evtl. der Oberflächenspannung untersucht werden.  
Ferner möchte ich die Geometrie der Glocke mit den ermittelten Größen so exakt wie  
möglich in Gleichungen beschreiben.

Abb. 6: Ausschnitt aus einem ausgefüllten Bewerbungsf formular.

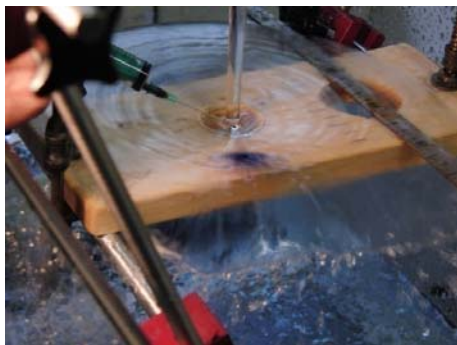
Mit etwas Hilfe seitens der Tutoren entwickelte der Schüler einen ersten experimentellen Aufbau.

Bald darauf wurde klar, dass ein Blick auf den Aufbau von der Seite möglich sein musste. Die Tutoren ermutigten den Schüler, den Aufbau dahingehend zu verbessern. – Lernen, ein Experiment zu optimieren, ist wesentlicher Bestandteil der Forschung. Schließlich entstand ein verbesserter Aufbau (vgl. Abb. 7).



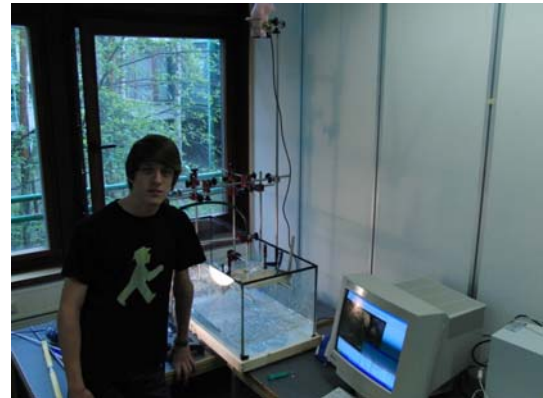
**Abb. 7:** „Wasserstrahl trifft Uhrglas“. Optimierter experimenteller Aufbau.

Nach und nach, mit der Hilfe von Professoren und Wissenschaftlern der Universität Erlangen, entwickelte der Schüler einen experimentellen Aufbau, bei dem es möglich wurde, Videoanalyse einzusetzen (vgl. Abb. 8); und mit der Hilfe der Tutoren erschloss sich dem Schüler schnell die Handhabung der Videoanalysesoftware. Von diesem Moment an waren quantitative Messungen möglich. (Abb. 9) Der Schüler konnte beispielsweise die Bahngeschwindigkeit des Wassers ermitteln nach dem Auftreffen auf den Löffel bzw. auf das später ersatzweise dafür verwendete Uhrglas.



**Abb. 8:** Ein Aufbau für quantitative Messungen ist hergestellt.

In den nachfolgenden Experimenten wurden weitere Phänomene entdeckt, beispielsweise, dass ein ovaler Querschnitt des Wasserstrahls sich mit der Zeit ändert in Folge der Oberflächenspannung. Das Experiment wurde wieder erweitert, um dies zu erforschen. Noch viele weitere Untersuchungen bezüglich dieses faszinierenden Projekts sind in naher Zukunft denkbar.



**Abb. 9:** Mit der Hilfe von Videoanalyse werden quantitative Messungen möglich: Die Bahngeschwindigkeit des Wassers nach Auftreffen auf das Uhrglas kann bestimmt werden.

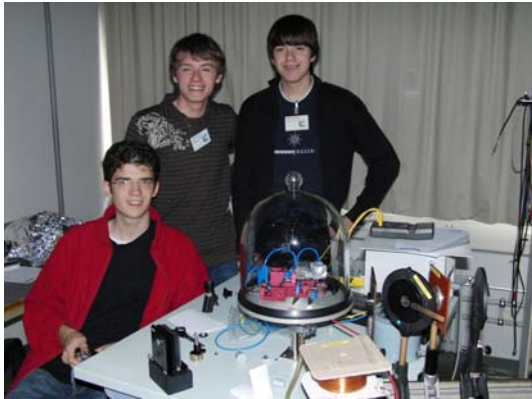
### 3.4.2. Entwicklung und Bau einer Glühlampe

Drei Schüler aus verschiedenen Gymnasien fanden sich vor Ort und beschlossen, gemeinsam eine Glühlampe zu entwickeln und zu bauen.

Das Team plante, die selbst gebaute Glühlampe anschließend zu spektroskopieren. Das ebenfalls selbst konzipierte Spektrometer wurde dabei zunächst an herkömmlichen Energiesparlampen und Glühlampen getestet.

Anfangs waren die Schüler frustriert, weil es ihnen nicht gelang, die selbst gebaute Glühlampe für längere Zeit und mit hoher Intensität zum Leuchten zu bekommen. Die Arbeit im Team und auch die Hilfe durch die Tutoren ließen jedoch die Gründe herausfinden, warum es schwierig sein kann, mit Labormitteln eine Glühlampe herzustellen, die in Leuchtdauer und Intensität einer industriellen Lampe gleicht.

Schließlich entwickelte und baute das Team noch erfolgreich eine Glühlampe mit der Wendel in Form des ESFZ-Logos.

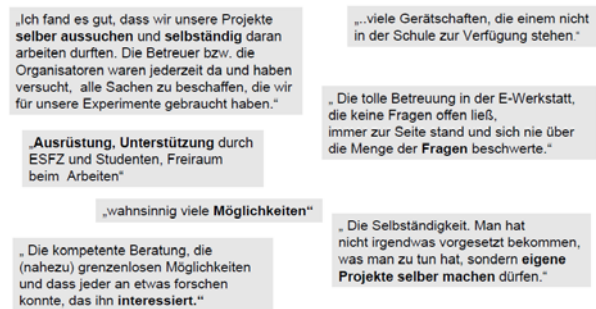


**Abb. 10:** Selbst gebaute Glühlampe: Das Team zusammen mit dem experimentellen Aufbau.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurden Inhalte und Ziele des ESFZ im Detail erläutert. Über den Verlauf der ersten eineinhalb Jahre des Erlanger Schülerforschungszentrums wurde berichtet.

Individuelle Erfahrungen und Rückmeldungen aus anonymen Fragebögen (vgl. Rückmeldung in Ausschnitten, Abb. 11) haben gezeigt, dass das ESFZ das Interesse von Schülern an Physik und Technik fördert. Die Teilnehmer der Forschungscamps schätzten die Möglichkeit, eigene kreative *Ideen* durchführen zu können. In der Tat gibt es einige weitere Einrichtungen, die ähnliche Inhalte und Ziele verfolgen wie das ESFZ, beispielsweise der *PhysikClub* in Kassel (zum Konzept, vgl. [1]) oder das *Schülerforschungszentrum Bad Saulgau* (zum Konzept, vgl. [2]) oder das *Schülerforschungszentrum in Lörrach* (vgl. Näheres unter [3]). Aber es gibt bislang nur sehr wenige dieser Institutionen, und diese sind zudem weit über Deutschland verstreut. Das ESFZ mit seiner Lage an der Universität Erlangen, kombiniert mit den Möglichkeiten, die sich daraus ergeben – die Nutzung der Werkstätten, das fachspezifische Wissen der Professoren und Wissenschaftler oder auch die Ausleihe von Gerätschaften an benachbarten Instituten – machen es einzigartig, nicht nur in Bayern, sondern auch deutschlandweit.



**Abb. 11:** Feedback aus anonymen Fragebögen.

Ausblickend soll nochmals auf die Risiken unseres Konzepts (vgl. Kapitel 1.2) eingegangen werden: *Frustration*, wenn ein Projekt nicht wie geplant verläuft, *Desillusionierung*, wenn die Schüler merken, dass Forschen nicht immer nur Spaß ist, und schließlich *Demotivation*, wenn die Frustration zu groß wird.

Diese Risiken sind aber nicht als Nachteile unseres Konzepts anzusehen – im Gegenteil: Der Umgang mit Frustration muss gelernt werden. *Nur wer sein Projekt wirklich durchsteht, empfindet auch rechtfertigen Erfolg*. Es ist sinnvoll, die Erfahrung zu machen, dass Forschen nicht immer nur Spaß ist, sondern Leistung. Und es ist gut herauszufinden, dass ein gemeinsames Erleben von Frustration, wie hier im Team, die langfristige negative Wirkung vermeidet.

Das Erlanger Schülerforschungszentrum bietet die Gelegenheit, persönlich an all diesen Erfahrungen zu wachsen!

#### 5. Literatur

- [1] Haupt, Klaus-Peter. *Physik als Event: Der PhysikClub in Kassel*. Spektrum der Wissenschaft. Dezember 2005. S. 86-89.
- [2] Jorda, Stefan. *Forsche Schüler*. Physik Journal, Wiley Verlag. 3 (2004) Nr. 2. S. 10.
- [3] Keuntje, Maïke. *Wer sucht, erfindet!* Physik Journal, Wiley Verlag. 7 (2008) Nr. 5. S. 7-8.
- [4] Dvorak, Leos. *Labs outside labs: miniprojects at a spring camp for future physics teachers*. European Journal of Physics. 28 (2007). S. 95-104.